

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОРСКИХ ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ СВАЙНОГО ТИПА

**Рубцова Ю.А.** (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ГП «ЧерноморНИИпроект», г. Одесса*)

**В данной статье рассматривается модель повреждений и методология исследования гидротехнических сооружений морского порта в виде причалов на сваях. В статье анализируются результаты инженерных изысканий и основные показатели технического состояния гидротехнических сооружений морского порта. Описаны основные виды и классификация повреждений железобетонных конструкций.**

К настоящему времени абсолютное большинство морских портовых гидротехнических сооружений так или иначе требует ремонтных работ, некоторые практически исчерпали эксплуатационный ресурс и достигли предельного состояния /1/. В сложившейся ситуации весьма актуален вопрос о продлении эксплуатационно-технического ресурса сооружений, их модернизации и переоснащении в соответствии с современными технико-экономическими и другими нормативными требованиями. Строительство же новых сооружений сопряжено со значительными капитальными затратами. Так, по экспертным оценкам возведение 1 пог.м глубоководного причального сооружения (с глубиной у кордона 13-14 м) могут составлять не менее 100 тыс. долларов США.

Вместе с тем, для эффективной реализации ремонтно-восстановительных работ необходимо осуществление ряда практических мероприятий, включающих:

- разработку технического задания, с указанием основных сведений об объекте, цели и вида работ (капитальный ремонт, реконструкция, модернизация, изменение основного функционального назначения и др.);

- организацию производственного управления - определение технико-экономических требований, многоцелевое сравнение вариантов проектирования и реализацию инновационных идей, а также принятие оптимальных конструкторско-технологических решений;

- проведение инженерных обследований с целью обнаружения и фиксации дефектов, определения технического ресурса и физического

износа сооружения в целом, оценку объемов ремонтно-восстановительных работ, определение возможности проведения технического перевооружения или необходимости реконструкции, прогнозирование оптимальных сроков дальнейшей эксплуатации и определение режима оптимального эксплуатации сооружения /2/;

- стадию проектирования;

- проведение ремонтно-восстановительных работ и контроль качества выполнения;

- создание системы эффективной эксплуатации сооружений и разработку мероприятий по обеспечению долговечности, надежности и экологической безопасности их функционирования.

При подготовке и разработке перечисленных выше мероприятий следует учесть определенные конструктивные, технологические и эксплуатационные особенности морских портовых гидротехнических сооружений:

- природно-климатические условия эксплуатации;

- разнообразные формы и значительные размеры сооружений;

- преобладание материально-экономической ответственности над социальной (в отличие от объектов гражданского и промышленного назначения);

- индивидуальность проектных решений для каждого объекта (порта).

Ниже представлен комплексный анализ работы преднапряженных портовых гидротехнических сооружений эстакадного типа на призматических железобетонных сваях. Рассматриваются задачи выявления наиболее повреждаемых элементов конструкций данного типа по результатам инженерных обследований, проведенных в ряде портов Украины /4/.

Известно, что причальные сооружения в виде железобетонных эстакад составляют порядка 57,5% общей длины причального фронта портов и СПЗ Украины /1/ (для сравнения: сооружения типа «большая верк» – 34,5%, сооружения гравитационного типа – 8%).

Для реализации задач мониторинга технического состояния существующих конструкций необходим аналитический обзор имеющихся методов обследования и разработка индивидуальных решений для конкретных объектов. Опыт показывает, что из почти 25,0 км причалов эстакадного типа подавляющее большинство составляют сооружения на железобетонных сваях (в основном, четырех-, пяти- и шестирядные эстакады из ж.б. призматических свай 45х45см (реже 40х40см) для глубин 11,5м, 9,75м и 8,25м). /2/

Далее приводятся некоторые результаты исследования модели повреждаемости причалов эстакадного типа на железобетонных сваях.

Начальным этапом решения поставленной задачи является анализ результатов инженерных обследований и паспортизации сооружений исследуемого типа. При этом следует учитывать следующие факторы:

- осадка свай конструкции, поворот секций в плане, деформация ростверка, неравномерность деформаций на отдельных участках;
- изгиб, излом, срез и истирание свай;
- дефекты подпричального откоса: отклонение фактического профиля от предусмотренного в проекте, повреждения и смещения элементов крепления откоса;
- состав и состояние материала покрытия подпричального откоса;
- разрушение бетона свай;
- состояние отдельных конструктивных элементов и соединений верхнего строения: деревянных схваток, шапочных брусьев, балок и настила, железобетонных наголовников, плит и соединительных металлоконструкций;
- дефекты тылового сопряжения: осадки и горизонтальные смещения элементов сопряжения, разрушение материала;
- состояние защитных покрытий и др.

Таким образом, представляется возможность провести оценку технического состояния сооружений путем совместного анализа результатов инженерного обследования, поверочных расчетов и комплекса диагностических процедур, включающих /2/:

- анализ дефектов и повреждений, изменений характеристик материалов, грунтов и оснований;
- корректировку расчетных схем элементов, конструкций, оснований в связи с наличием повреждений и дефектов, изменением характеристик материалов и грунтов;
- поверочные расчеты элементов, конструкций, оснований по откорректированным расчетным моделям и с учетом изменений, возникших в процессе эксплуатации сооружений;
- определение количественных характеристик сохранности отдельных конструктивных элементов и физического износа сооружения в целом;
- оценку технического состояния элементов конструкции в соответствии с разработанными критериями;
- оценку технического состояния сооружения в целом в соответствии с техническим состоянием его элементов; разработку рекомендаций по дальнейшей эксплуатации сооружения.

Следует отметить, что в зависимости от степени влияния дефекта на работоспособность элемента определяется его сохранность. /3/ Сохранность отдельных конструктивных элементов или их участков следует оценивать путем сравнения признаков технического и деформативного состояний, выявленных в результате инструментального контроля. Значение сохранности устанавливается путем экспертной оценки с использованием градации, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Классификация дефектов конструктивных элементов морских портовых гидротехнических сооружений

Категория технического состояния	Категория дефекта	Коэффициент сохранности а
Удовлетворительное	Малозначительный	0,80 – 1,00
Удовлетворительное с ограничениями и (или) требующее ремонтных работ	Малозначительный, значительный	0,40 – 0,80
Непригодное к эксплуатации	Значительный	0,40– 0,80
Аварийное	Критический	до 0,40

Для морских портовых гидротехнических сооружений приняты следующие категории технического состояния /2/:

- состояние конструкции *удовлетворительное*. Возможно наличие малозначительных дефектов и повреждений, которые могут привести к снижению долговечности; несущая способность конструкции на проектные нагрузки обеспечена. Физический износ сооружения – до 20 %;

- состояние конструкции *удовлетворительное, требующее ремонтных работ*. Имеют место дефекты и повреждения, которые снижают долговечность, однако не влияют на несущую способность конструкции; после их устранения долговечность и несущая способность конструкции на проектные нагрузки обеспечена. Физический износ сооружения – от 20 до 60%;

- состояние конструкции *удовлетворительное с ограничениями*. Имеют место дефекты и повреждения, которые могут привести к снижению долговечности; несущая способность конструкции на ограниченные нагрузки обеспечена. Физический износ сооружения – от 20 до 60%;

- состояние конструкции *удовлетворительное с ограничениями, требующее ремонтных работ*. Имеют место дефекты и повреждения, которые могут снизить несущую способность и долговечность конструкции; после их устранения долговечность и несущая способность конструкции на ограниченные нагрузки обеспечена. Физический износ сооружения – от 20 до 60%;

- состояние конструкции *непригодное к эксплуатации*. Имеются значительные дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности, однако может быть обеспечена целостность конструкции на период проведения работ по усилению (реконструкции). Физический износ сооружения – от 20 до 60 %;

- состояние конструкции *аварийное*. Имеются критические дефекты и повреждения, целостность конструкции на период проведения работ по усилению (реконструкции) не гарантирована. Физический износ сооружения – более 60%.

Рассмотрим несколько характерных примеров /4/.

1. Участок причала длиной 141,0 м – железобетонная оторочка на предварительно напряженных железобетонных призматических сваях сечением 40х40см и сборным верхним строением, марка бетона М300, общее количество свай - 257. Тыловое сопряжение – в виде больверка из шпунта ZP-38. Конструкция усилена козловыми сваями: продольными (под тумбовыми массивами) и поперечными (на территории) Верхнее строение заанкерено при помощи металлических тяг диаметром 60мм за железобетонный брус.

Техническое состояние: *удовлетворительное, требующее ремонтных работ* (зафиксированы разрушения бетона нижней поверхности на площади 242,9м<sup>2</sup> - порядка 19% общей площади, фасадной поверхности бортовой балки - на площади 36,0м<sup>2</sup> - порядка 17% общей площади). Фотофиксация дефектов представлена на рисунках 1 и 2.



Рис 1. Разрушение бетона с оголением и коррозией арматуры (верхнее строение)



Рис. 2. Разрушение бетона бортовой балки и верхнего строения (до реконструкции)

2. В конструктивном отношении причал представляет собой трехрядную эстакаду на предварительно напряженных железобетонных сваях сечением 40х40см (железобетон В25, W8, F150) с железобетонным верхним строением (железобетон В25, W8, F150, проектная отметка погружения

свай – минус 6,5 – 13,5м). Общее количество свай - 90. Тыловая стенка выполнена из бетонных массивов. Подпиральный откос из камня массой до 100кг. /4/

Техническое состояние свай: *удовлетворительное, требующее ремонтных работ* (на 43 сваях (53 % от общего количества) в надводной их части зафиксированы вертикальные трещины, отколы бетона на ребрах и гранях свай).

Техническое состояние верхнего строения: *удовлетворительное, требующее ремонтных работ* на нижней поверхности ростверка зафиксированы разрушения бетона на глубину до 5,0см оголением и коррозией арматуры, глубиной до 5,0см. Общая площадь разрушений составляет порядка 212,0кв. м. (16 %).

Опыт показывает, что к категориям аварийное; непригодное к нормальной эксплуатации; удовлетворительное, требующее ремонтных работ сооружения относятся по причине потери устойчивости тыловой части причала, осадки и значительных повреждений свай тыловых рядов и массивов тылового сопряжения.

Фотофиксация дефектов представлена на рисунках 3 и 4.

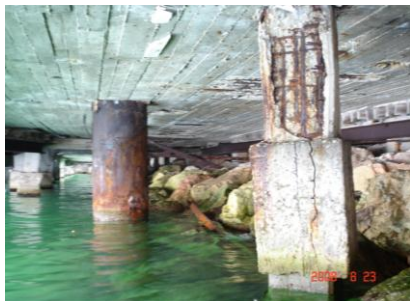


Рис. 3. Разрушение защитного слоя бетона, оголение арматуры, уменьшение сечения призматической сваи



Рис. 4. Разрушения бетона нижней поверхности верхнего строения

Определяющий фактор, обуславливающий отнесение сооружения к техническому состоянию *удовлетворительное, требующее ремонтных работ* – состояние свай в зоне переменного горизонта, а также состояние бортовых балок (реже встречаются существенные повреждения бетона на нижней поверхности плит ростверка). Основные повреждения свай – сколы углов, вертикальные трещины, разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры. Повреждения бортовых балок – разломы, разрушение защитного слоя бетона с оголени-

ем и коррозией арматуры, сквозные разрушения бортовых балок со значительной коррозией и деформацией арматуры.

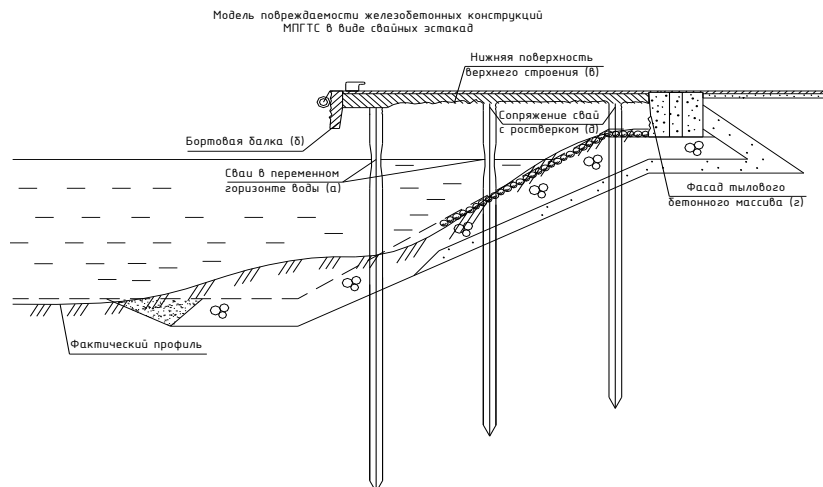
Данные инженерных обследований, проведенных специализированными организациями в Украине в период 2005-2012 гг. /5/ показывают, что:

- конструкции железобетонных свайных эстакад наиболее повреждаемы в сравнении с другими типами сооружений;

- практически четвертая часть исследуемых сооружений не может эксплуатироваться в нормальном режиме на проектные нагрузки (техническое состояние - аварийное; непригодное к нормальной эксплуатации; удовлетворительное, требующее ремонтных работ);

- больше половины сооружений требуют выполнения работ по капитальному ремонту отдельных конструктивных элементов (техническое состояние - удовлетворительное, требующее ремонтных работ).

В результате комплексного анализа может быть разработана модель повреждаемости гидротехнических сооружений свайного типа. Наиболее уязвимые элементы сооружений эстакадной конструкции на железобетонных сваях – участки в зоне переменного горизонта воды (а), бортовые балки (б), нижняя поверхность плит верхнего строения (в), фасадные грани массивов тыловых сопряжений (г) и сопряжение свай с ростверком (д).



### **Выводы:**

1. На основании результатов инженерных обследований бетонных и железобетонных конструкций морских портовых гидротехнических

ских сооружений рассмотрены проблемы технического состояния морских портовых гидротехнических сооружений, установлена зависимость степени влияния дефекта на работоспособность элемента (сохранность сооружения), выделена зависимость категории технического состояния конструктивных элементов от видов их дефектов. Эффективность решения этой проблемы связана, прежде всего, с подбором, испытанием и внедрением новых строительных материалов.

2. Составлена и проанализирована модель повреждаемости их конструкций. Так, установлено, что наиболее уязвимые элементы сооружений эстакадной конструкции на железобетонных сваях – участки в зоне переменного горизонта воды, бортовые балки, нижняя поверхность плит верхнего строения, фасадные грани массивов тыловых сооружений и сопряжение свай с ростверком.

В результате чего определены цель, область и предмет дальнейшего исследования.

### **Summary**

**This article discusses the damage model and survey methodology of sea port hydraulic structures in the form of piles piers.**

**The paper analyzes the engineering studies results and the key indicators of technical condition of sea port hydraulic structures. The main types of damage and the classification of concrete structures are described. The article added to figures and tables.**

### *Литература*

1. Пойзнер М. Б. Уровень технико-эксплуатационного состояния воднотранспортных сооружений Украины // Вісник Одеського національного морського університету. Збірник наукових праць. Вип. 29// Одеса, 2011. с.124-128.

2. Інструкція з інженерного обстеження і паспортизації портових гідротехнічних споруд (НД 31.3.002 – 2003) /Одеса, 2003.

3. Мишутин А. В. Повышение долговечности бетонов тонкостенных конструкций плавучих и портовых гидротехнических сооружений./ А. В. Мишутин, Н. В. Мишутин// Одесса: 2003.

4. Матеріали технічних обстежень і паспортизації, виконаних ЧерноморНИИпроектм за 2005-20011гг.

5. Комплексные исследования эксплуатационных параметров портовой инфраструктуры // Вісник Одеського національного морського університету. Збірник наукових праць. Вип.29//Одеса, 2011. с.148-154.